



## PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11) Publication number: **10303458 A**(43) Date of publication of application: **13 . 11 . 98**(51) Int. Cl **H01L 33/00**(21) Application number: **09123514**(22) Date of filing: **24 . 04 . 97**(71) Applicant: **TOYODA GOSEI CO LTD**

(72) Inventor: **KOIDE NORIKATSU**  
**KOIKE MASAYOSHI**  
**ASAMI SHINYA**  
**UMEZAKI JUNICHI**

(54) **GALLIUM NITRIDE COMPOUND**  
**SEMICONDUCTOR ELEMENT**

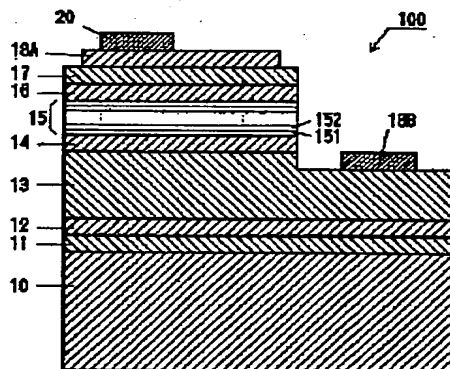
## (57) Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To materialize the wavelength elongation and output increase of a GaN compound semiconductor element.

SOLUTION: A buffer layer 11 consisting of AlN, a thermal expansion lightening layer 12 consisting of  $\text{In}_{0.20}\text{Ga}_{0.80}\text{N}$ , a high carrier concentration  $n^+$  layer 13 consisting of GaN doped with Si, a distorted layer 14 consisting of  $\text{Al}_{0.15}\text{Ga}_{0.85}\text{N}$ , a light emitting layer 15 of multiple quantum well structure where barrier layers 151 consisting of GaN and well layers 152 consisting of  $\text{In}_{0.20}\text{Ga}_{0.80}\text{N}$  are stacked alternately, a clad layer 16 consisting of p-type  $\text{Al}_{0.15}\text{Ga}_{0.85}\text{N}$ , a contact layer 17 consisting of p-type GaN, and an electrode 18A consisting of Co and Au are stacked in order on a sapphire substrate 10. An electrode 18B consisting of V and Al is made on the  $n^+$  layer 13 exposed by etching. The distortion by the difference of lattice constant is given to the light emitting layer 15 by the distorted layer 14, which has a lattice constant different from that of the light emitting layer 15 and is provided under the light emitting layer 15, and the emitted light wavelength is elongated. Moreover, the influence by

thermal expansion of a substrate 10 can be removed by providing the thermal expansion lightening layer 12, and it can be made into high output.

COPYRIGHT: (C)1998,JPO



(19) 日本国特許庁 (J P)

## (12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平10-303458

(43) 公開日 平成10年 (1998) 11月13日

(51) Int. Cl. <sup>6</sup>

H 0 1 L 33/00

識別記号

庁内整理番号

F I

H 0 1 L 33/00

技術表示箇所

C

審査請求 未請求 請求項の数 2 F D (全 4 頁)

(21) 出願番号 特願平9-123514

(22) 出願日 平成9年 (1997) 4月24日

(71) 出願人 000241463

豊田合成株式会社

愛知県西春日井郡春日町大字落合字長畑1  
番地

(72) 発明者 小出 典克

愛知県西春日井郡春日町大字落合字長畑1  
番地 豊田合成株式会社内

(72) 発明者 小池 正好

愛知県西春日井郡春日町大字落合字長畑1  
番地 豊田合成株式会社内

(74) 代理人 弁理士 藤谷 修

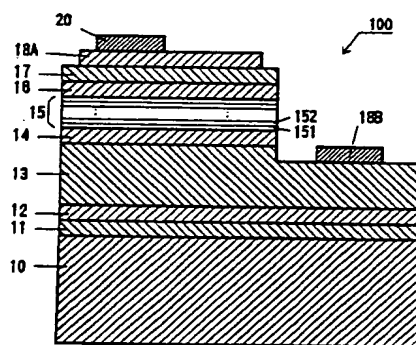
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 窒化ガリウム系化合物半導体素子

(57) 【要約】

【課題】 GaN 系化合物半導体素子の長波長化及び高出力化を実現すること。

【解決手段】 サファイア基板10の上には、AlNから成るバッファ層11、In<sub>0.20</sub>Ga<sub>0.80</sub>Nから成る熱膨張緩和層12、SiドープのGaNから成る高キャリア濃度n<sup>+</sup>層13、Al<sub>0.15</sub>Ga<sub>0.85</sub>Nから成る歪み層14、GaNから成るバリア層151とIn<sub>0.20</sub>Ga<sub>0.80</sub>Nから成る井戸層152とが交互に積層された多重量子井戸構造の発光層15、p型Al<sub>0.15</sub>Ga<sub>0.85</sub>Nから成るクラッド層16、p型GaNから成るコンタクト層17、及びCoとAuとから成る透光性の電極18A が順次積層されている。エッチングにより露出したn<sup>+</sup>層13上にはVとAlとから成る電極18B が形成されている。発光層15と異なる格子定数を有する歪み層14が発光層15の下側に設けられることにより、格子定数差による歪みが発光層15に付与され、発光波長が長波長化する。又、熱膨張緩和層12を設けることにより基板10の熱膨張による影響を除去でき、高出力化できる。



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 活性層と異なる格子定数を有した第1の半導体層が前記活性層の基板側に設けられることにより、前記活性層と前記第1の半導体層との格子定数差により前記活性層に対して歪みが付与され、前記基板の熱膨張による前記活性層への歪みの影響を緩和する第2の半導体層が前記第1の半導体層に対して前記基板側に設けられたことを特徴とする窒化ガリウム系化合物半導体素子。

【請求項2】 前記第1の半導体層は $\text{Al}_x\text{Ga}_{1-x}\text{N}$  ( $0 < x \leq 1$ ) から成り、前記第2の半導体層は $\text{In}_y\text{Ga}_{1-y}\text{N}$  ( $0 < y \leq 1$ ) から成ることを特徴とする請求項1に記載の窒化ガリウム系化合物半導体素子。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【発明の属する技術分野】 本発明は、長波長化が可能な窒化ガリウム系化合物半導体素子に関する。

## 【0002】

【従来の技術】 窒化ガリウム(GaN)系化合物半導体は、紫外線領域から赤色領域の発光波長が得られる素子として期待されている。従来、GaN系化合物半導体においては、通常基板としてサファイアを用いているが、サファイアとGaN系化合物半導体との熱膨張係数の差異により半導体層に歪みが生じ、光学的特性に悪影響を与えていた。このために、例えばサファイア基板上にバッファ層、AlGaInNから成る発光層を形成した素子において、組成の異なる層を順次積層し、発光層の格子欠陥を低減し、素子特性を向上させたものが知られている(特開平8-70139号公報)。

## 【0003】

【発明が解決しようとする課題】 しかしながら、上記従来技術では発光波長を長波長化するためには発光層におけるInの組成比を増大させることになるが、このIn組成比の増加により結晶性が劣化し、発光強度が大幅に低減するという問題がある。

【0004】 従って、本発明の目的は、上記課題に鑑み、GaN系化合物半導体素子の長波長化及び高出力化を実現することである。

## 【0005】

【課題を解決するための手段】 上記の課題を解決するために、請求項1に記載の手段によれば、GaN系化合物半導体素子において、活性層と異なる格子定数を有した第1の半導体層が活性層の基板側に設けられることにより、活性層と第1の半導体層との格子定数差により活性層に対して歪みが付与されるので、半導体層の組成比を変化させずに長波長化が可能になる。又、基板の熱膨張による活性層への歪みの影響を緩和する第2の半導体層が第1の半導体層に対して基板側に設けられることにより、基板の熱膨張による影響を除去できるので、高出力化が可能となる。

【0006】 又、請求項2に記載の手段によると、第1の半導体層を $\text{Al}_x\text{Ga}_{1-x}\text{N}$  ( $0 < x \leq 1$ ) で構成することにより、活性層に対して効果的に歪みを付与でき、第2の半導体層を $\text{In}_y\text{Ga}_{1-y}\text{N}$  ( $0 < y \leq 1$ ) で構成することにより、基板の熱膨張による影響を効果的に除去できる。

## 【0007】

【発明の実施の形態】 以下、本発明を具体的な実施例に基づいて説明する。図1は、サファイア基板10上に形成されたGaN系化合物半導体で形成された発光素子100の模式的な断面構成図である。基板10の上には窒化アルミニウム(AlN)から成る膜厚約25nmのバッファ層11が設けられ、その上に $\text{In}_{0.20}\text{Ga}_{0.80}\text{N}$ から成る膜厚約200nmの熱膨張緩和層(第2の半導体層)12が形成されている。熱膨張緩和層12の上にはシリコン(Si)ドープのGaNから成る膜厚約4.0 $\mu\text{m}$ の高キャリア濃度 $n^+$ 層13が形成されている。この高キャリア濃度 $n^+$ 層13の上に $\text{Al}_{0.15}\text{Ga}_{0.85}\text{N}$ から成る膜厚約40nmの歪み層(第1の半導体層)14が形成されている。

【0008】 そして、歪み層14の上に膜厚約35ÅのGaNから成るバリア層151と膜厚約35Åの $\text{In}_{0.20}\text{Ga}_{0.80}\text{N}$ から成る井戸層152とが交互に積層された多重量子井戸構造(MQW)の発光層(活性層)15が形成されている。バリア層151は6層、井戸層152は5層である。発光層15の上にはp型 $\text{Al}_{0.15}\text{Ga}_{0.85}\text{N}$ から成る膜厚約50nmのクラッド層16が形成されている。さらに、クラッド層16の上にはp型GaNから成る膜厚約100nmのコンタクト層17が形成されている。

【0009】 又、コンタクト層17の上には金属蒸着による透光性の電極18Aが、 $n^+$ 層13上には電極18Bが形成されている。透光性の電極18Aは、コンタクト層17に接合する膜厚約40Åのコバルト(Co)と、このCoに接合する膜厚約60Åの金(Au)とで構成されている。電極18Bは膜厚約200Åのパナジウム(V)と膜厚約1.8 $\mu\text{m}$ のアルミニウム(Al)又はAl合金で構成されている。

【0010】 次に、この発光素子100の製造方法について説明する。上記発光素子100は、有機金属気相成長法(以下「MOVPE」と略す)による気相成長により製造された。用いられたガスは、アンモニア( $\text{NH}_3$ )、キャリアガス( $\text{H}_2, \text{N}_2$ )、トリメチルガリウム( $\text{Ga}(\text{CH}_3)_3$ ) (以下「TMG」と記す)、トリメチルアルミニウム( $\text{Al}(\text{CH}_3)_3$ ) (以下「TMA」と記す)、トリメチルインジウム( $\text{In}(\text{CH}_3)_3$ ) (以下「TMI」と記す)、シラン( $\text{SiH}_4$ )とシクロペンタジエニルマグネシウム( $\text{Mg}(\text{C}_5\text{H}_5)_2$ ) (以下「 $\text{CP}_2\text{Mg}$ 」と記す)である。

【0011】 まず、有機洗浄及び熱処理により洗浄したa面を主面とした単結晶の基板10をMOVPE装置の反応室に載置されたサセプタに装着する。次に、常圧で $\text{H}_2$ を流速2 liter/分で約30分間反応室に流しながら温度1100℃で基板10をベーキングした。

【0012】次に、温度を400℃まで低下させて、 $H_2$ を20liter/分、 $NH_3$ を10liter/分、TMAを $1.8 \times 10^{-5}$ モル/分で供給してAlNから成るバッファ層11を約25nmの膜厚に形成した。バッファ層11の形成後、温度を600℃まで上昇させ、 $N_2$ 又は $H_2$ 、 $NH_3$ の供給量を一定として、TMGを $7.2 \times 10^{-5}$ モル/分、TMIを $0.19 \times 10^{-4}$ モル/分で供給して、膜厚約2000Åの $In_{0.20}Ga_{0.80}N$ から成る熱膨張緩和層12を形成した。次に、基板10の温度を1150℃に保持し、 $H_2$ を20liter/分、 $NH_3$ を10liter/分、TMGを $1.7 \times 10^{-4}$ モル/分、 $H_2$ ガスにより0.86ppmに希釈されたシランを $20 \times 10^{-8}$ モル/分で供給し、膜厚約4.0μm、電子濃度 $2 \times 10^{18}/cm^3$ 、Si濃度 $4 \times 10^{18}/cm^3$ のGaNから成る高キャリア濃度 $n^+$ 層13を形成した。次に、基板10の温度を1100℃に保持し、 $N_2$ 又は $H_2$ を10liter/分、 $NH_3$ を10liter/分、TMGを $1.0 \times 10^{-4}$ モル/分、TMAを $1.0 \times 10^{-4}$ モル/分で供給して、膜厚約40nmの $Al_{0.15}Ga_{0.85}N$ から成る歪み層14を形成した。

【0013】上記の歪み層14を形成した後、続いて、 $N_2$ 又は $H_2$ を20liter/分、 $NH_3$ を10liter/分、TMGを $2.0 \times 10^{-4}$ モル/分で供給して、膜厚約35ÅのGaNから成るバリア層151を形成した。次に、 $N_2$ 又は $H_2$ 、 $NH_3$ の供給量を一定として、TMGを $7.2 \times 10^{-5}$ モル/分、TMIを $0.19 \times 10^{-4}$ モル/分で供給して、膜厚約35Åの $In_{0.20}Ga_{0.80}N$ から成る井戸層152を形成した。さらに、バリア層151と井戸層152を同一条件で5周期形成し、その上にGaNから成るバリア層151を形成した。このようにして5周期のMQW構造の発光層15を形成した。

【0014】次に、基板10の温度を1100℃に保持し、 $N_2$ 又は $H_2$ を10liter/分、 $NH_3$ を10liter/分、TMGを $1.0 \times 10^{-4}$ モル/分、TMAを $1.0 \times 10^{-4}$ モル/分、 $CP_2Mg$ を $2 \times 10^{-5}$ モル/分で供給して、膜厚約50nm、濃度 $5 \times 10^{19}/cm^3$ のマグネシウム(Mg)をドーブしたp型 $Al_{0.15}Ga_{0.85}N$ から成るクラッド層16を形成した。

【0015】次に、基板10の温度を1100℃に保持し、 $N_2$ 又は $H_2$ を20liter/分、 $NH_3$ を10liter/分、TMGを $1.12 \times 10^{-4}$ モル/分、 $CP_2Mg$ を $2 \times 10^{-5}$ モル/分で供給して、膜厚約100nm、濃度 $5 \times 10^{19}/cm^3$ のMgをドーブしたp型GaNから成るコンタクト層17を形成した。

【0016】次に、コンタクト層17の上にエッチングマスクを形成し、所定領域のエッチングマスクを除去して、エッチングマスクで覆われていない部分のコンタクト層17、クラッド層16、発光層15、歪み層14、 $n^+$ 層13の一部を塩素を含むガスによる反応性イオンエッチングによりエッチングして、 $n^+$ 層13の表面を露出させた。

【0017】次に、エッチングマスクを残した状態で、全面にフォトリソグロスを塗布し、フォトリソグラフィにより $n^+$ 層13の露出面上の所定領域に窓を形成し、 $10^{-6}$ Torrオーダ以下の高真空中に排気した後、膜厚約200Å

のバナジウム(V)と膜厚約1.8μmのAlを蒸着する。この後、フォトリソグロス及びエッチングマスクを除去することにより、 $n^+$ 層13の露出面上に電極18Bが形成される。

【0018】続いて、表面上にフォトリソグロスを塗布し、フォトリソグラフィによりコンタクト層17上の電極形成部分のフォトリソグロスを除去して窓を形成し、コンタクト層17を露出させる。露出させたコンタクト層17の上に、 $10^{-6}$ Torrオーダ以下の高真空中に排気した後、Coを膜厚約40Åに成膜し、このCo上にAuを膜厚約60Åに成膜する。次に、試料を蒸着装置から取り出し、リフトオフ法によりフォトリソグロス上に堆積したCoとAuとを除去し、コンタクト層17に対する透光性の電極18Aを形成する。

【0019】次に、電極18A上の一部にボンディング用の電極パッド20を形成するために、フォトリソグロスを一様に塗布して、その電極パッド20の形成部分のフォトリソグロスに窓を形成する。次に、CoとAu、Al、又は、それらの合金を膜厚1.5μm程度に、蒸着により成膜させ、リフトオフ法により、フォトリソグロス上に蒸着により堆積したCoとAu、Al、又はそれらの合金から成る膜を除去して、電極パッド20を形成する。その後、試料雰囲気真空ポンプで排気し、 $O_2$ ガスを供給して圧力3Paとし、その状態で雰囲気温度を約550℃にして、3分程度、加熱し、コンタクト層17、クラッド層16をp型低抵抗化すると共にコンタクト層17と電極18Aとの合金化処理、 $n^+$ 層13と電極18Bとの合金化処理を行った。このようにして、 $n^+$ 層13に対する電極18Bとコンタクト層17に対する電極18Aを形成した。

【0020】発光素子100を上記構成とすることにより、図2に示される特性結果が得られた。尚、図2には比較例として従来構造の場合と、従来構造に歪み層14のみを付加した場合の特性結果も示した。図2に示されるように、従来構造では発光波長が約480nmで、出力が約200μWであった。この従来構造に歪み層14のみを付加した場合には、発光波長が約520nmに長波長化する。この発光波長の長波長化は歪み層14が発光層15と異なる格子定数を有し、この格子定数差による歪みが発光層15に付与されたためと推察される。歪み層14のみを付加した場合には、長波長化できるが、出力は約50μWに大幅に低減した。この出力の低減は、発光層15が基板10の熱膨張による影響を受けたためと考えられる。一方、本実施例の如く歪み層14と熱膨張緩和層12とを備えることにより、発光波長を約520nmに長波長化できると共に、約200μWの高出力を得ることができた。これは、熱膨張緩和層12により基板10の熱膨張による影響を除去できたためと推察される。このように歪み層14と熱膨張緩和層12とを備えることにより、長波長化と高出力とを実現できる。

【0021】本実施例では熱膨張緩和層12の組成を $\text{In}_{0.20}\text{Ga}_{0.80}\text{N}$ としたが、 $\text{In}_Y\text{Ga}_{1-Y}\text{N}$  ( $0 \leq Y \leq 1$ )を満たしていればよい。特に、Inを入れることで効果的に基板10からの熱応力を緩和できるので、望ましくは $Y \neq 0$ がよい。又、熱膨張緩和層12の膜厚は100nm以上であればよい。熱膨張緩和係数12の膜厚は、100nmより薄いと熱応力の緩和の効果が小さくなるので望ましくない。又、本実施例では歪み層14の組成を $\text{Al}_{0.15}\text{Ga}_{0.85}\text{N}$ としたが、 $\text{Al}_X\text{Ga}_{1-X}\text{N}$  ( $0 \leq X \leq 1$ )を満たしていればよい。特に、Alを入れることで発光層15に効果的に歪みを付与できるので、望ましくは $X \neq 0$ がよい。又、歪み層14の膜厚は10~500 nmの範囲であればよい。歪み層14の膜厚が10nmより薄いと発光層15に対して歪みが効果的に付与されず、500 nmより厚いとクラックが発生するため、望ましくない。又、本実施例では、発光素子100の発光層15はMQW構造としたが、SQWや $\text{In}_{0.2}\text{Ga}_{0.8}\text{N}$ 等から成る単層、その他、任意の混晶比の4元、3元系のAlInGa $\text{N}$ としても良い。MQW、SQWの方がより効果的に歪みが入りやすくなり、波長シフト効果が大きくなるので望ましい。又、本発明はLEDやLDなどの発光素子や受光素子に適用できる。尚、本実施例では、歪み層14と熱膨張緩和層12とを設けた構成としたが、長波長化のみを目的とする場合には、出力レベルが低下するが、歪み層14のみを設けた構成としてよい。

【0022】上記に示されるように、本発明によれば、

発光層の格子定数と異なる半導体層を発光層の基板側に設けることにより、発光層とその半導体層との格子定数差によって発光層に対して歪みが付与され、長波長化が可能となる。又、熱膨張緩和層を設けることにより、基板の熱膨張による影響を除去できるので、高発光強度を得ることができる。

【図面の簡単な説明】

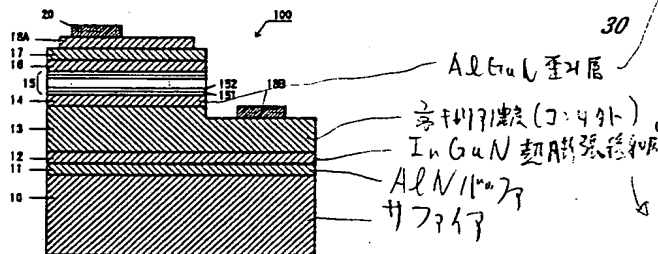
【図1】本発明の具体的な実施例に係わる半導体発光素子の構成を示した模式図。

【図2】本発明の具体的な実施例に係わる半導体発光素子の出力及び発光波長を示した特性図。

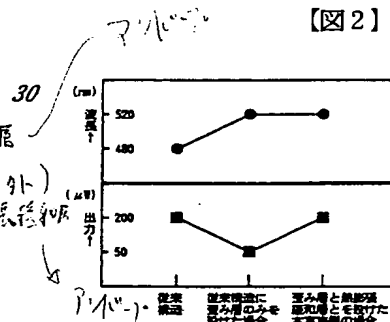
【符号の説明】

10	サファイア基板
11	バッファ層
12	熱膨張緩和層
13	高キャリア濃度 $n^+$ 層
14	歪み層
15	発光層
16	クラッド層
17	コンタクト層
18A	p電極
18B	n電極
20	電極パッド
100	発光素子
151	バリア層
152	井戸層

【図1】



【図2】



フロントページの続き

(72)発明者 浅見 慎也  
愛知県西春日井郡春日町大字落合字長畑1  
番地 豊田合成株式会社内

(72)発明者 梅崎 潤一  
愛知県西春日井郡春日町大字落合字長畑1  
番地 豊田合成株式会社内